РАДИОПРИЕМНЫЕ ТРАКТЫ БЫТОВОЙ АУДИОАППАРАТУРЫ (часть 1)

Геннадий Куликов, Алексей Парамонов

Журнал приступает к серии публикаций, в которой будут изложены принципы построения, регулировки и ремонта бытовой аудиоаппаратуры от ведущих мировых производителей. Описание сопровождается информацией по современной отечественной и зарубежной элементной базе.

В данной статье рассматриваются характеристики радиовещательных сигналов, принципы построения, методики регулировки и ремонта радиоприемных трактов бытовой аудиоаппаратуры.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАДИОВЕЩАНИИ

Бытовые радиоприемные устройства предназначены для приема радиовещательных сигналов в частотных диапазонах длинных (ДВ), средних (СВ), коротких (КВ) и ультракоротких (УКВ) волн. Обозначения зарубежных радиовещательных диапазонов соответствуют прямому переводу названий: LW (длинные волны), MW (средние волны) и SW (короткие волны). Границы этих диапазонов в различных странах несколько отличаются друг от друга. В табл. 1 приведены значения крайних частот диапазонов.

Таблица 1. Частотные границы радиовещательных диапазонов

Диапазон волн	Диапазон частот	Длины волн (м)
ДВ	150…408 кГц	2000,0…753,3
LW	144…290 кГц	2083,3…1034,5
СВ	525…1605 кГц	571,1…186,9
MW	522…1710 кГц	574,7…175,4
КВ	3,95…12,1 МГц	75,9…24,8
SW	3,8…17,9 МГц	78,9…16,8
УКВ	65,8…73 МГц	4,56…4,11
FM	87,5…108 МГц	3.43…2,78

Основное отличие зарубежных радиоприемников заключается в других граничных частотах диапазонов и в использовании другой системы передачи стереосигнала. Так, ультракоротковолновый диапазон размещен в полосе 87,5...108 МГц и обозначается аббревиатурой FM (frequency modulation — частотная модуляция). В последнее время в этом частотном диапазоне начали работать и российские радиовещательные станции, что позволяет использовать зарубежные модели радиоприемников в нашей стране. Кроме того, некоторые фирмы-производители аудиотехники, учитывая потребности восточноевропейского и российского рынков, вводят в своих аппаратах так называемый расширенный FM диапазон, охватывающий оба указанных участка частот. Правда, при этом многие модели, снабженные таким диапазоном, не поддерживают российский стандарт стереовещания.

Диапазон коротких волн обычно разбивается на ряд поддиапазонов. Данное обстоятельство связано с тем, что здесь радиовещательные станции размещены не равномерно по частоте, а сосредоточены в некоторых участках наилучшего прохождения радиоволн.

Заметим, что присутствие всех перечисленных диапазонов рабочих частот в одной модели радиоприемника совершенно необязательно. Так, переносные малогабаритные аппараты часто имеют лишь возможность приема радиосигналов на длинных и средних волнах. Коротковолновый диапазон в последнее время встречается довольно редко, что связано с невысоким качеством приема. Модели высокого класса практически всегда комплектуются трактом приема в диапазоне УКВ или FM, поскольку только в этом диапазоне транслируются высококачественные стереофонические сигналы. Для того, чтобы использовать только одну несущую частоту для передачи стереосигнала, сигналы левого и правого каналов предварительно обрабатываются на поднесущей частоте, в результате чего формируется комплексный стереосигнал (КСС).

В России для стереофонического радиовещания принята система OIRT с полярной модуляцией. При этом сигнал поднесущей с частотой 31,25 кГц модулируется по амплитуде следующим образом: левый канал модулирует огибающую положительных полуволн, а правый — отрицательных. После модуляции поднесущая ослабляется на 14 дБ (в 5 раз), что позволяет лучше использовать мощность передатчика и обеспечить совместимость системы стереофонического вещания с монофоническими радиоприемниками. Далее такое полярно-модулированное колебание с частично подавленной несущей используется в качестве модулирующего для формирования ЧМ сигнала УКВ диапазона.

В зарубежных радиовещательных сетях в FM диапазоне для этой цели используется другой принцип формирования комплексного стереосигнала, называемый системой «пилот-тон» (стандарт CCIR). Такое колебание состоит из модулированного сигнала поднесущей с частотой 38 кГц, в котором содержится информа-

ция об аудиосигналах левого и правого каналов и пилот-сигнала с частотой 19 кГц, используемого для синхронизации устройств обработки.

Некоторые вещательные радиостанции FM диапазона одновременно с аудиосигналом передают дополнительную цифровую информацию по системе RDS в соответствии со стандартом CENELEC EN 50067. Передаваемая информация имеет сервисный характер и может содержать ряд данных. Во-первых, это сведения о дублирующей частоте радиостанции (AF), идентификации (PI) и типе программы (PTY), название радиостанции (PS), текущее время (CT). Во-вторых, сообщения о трафике — загрузке канала информационных данных (TA). Кроме того, обеспечивается режим дополнения банка частот радиостанций других вещательных сетей (EON). Сигнал RDS формируется на поднесущей частоте 57 кГц и затем смешивается с комплексным стереосигналом. Для выделения этого сигнала в схемах радиоприемников после основного детектора устанавливается соответствующий декодер.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УЗЛОВ РАДИОПРИЕМНОГО ТРАКТА

В качестве антенны радиоприемного устройства в зависимости от рабочих частот используются различные конструкции. Часто в диапазонах ДВ и СВ (а иногда и КВ) применяют внутренние магнитные антенны, представляющие собой катушки, размещенные на ферритовом стержне. Они являются весьма компактными и обладают пространственной избирательностью. Кроме того, на этих частотах используют внешние рамочные антенны, подключаемые через специальный разъем. Такие конструкции также имеют избирательную диаграмму направленности, максимумы которой перпендикулярны плоскости рамки. По своим параметрам рамочные антенны превосходят ферритовые, особенно на высоких частотах рабочего диапазона. В диапазонах коротких и ультракоротких волн хорошие результаты дает применение штыревых телескопических антенн, конструкция которых весьма проста и удобна, а диаграмма направленности имеет тороидальную форму и равномерна в плоскости, перпендикулярной оси штыря.

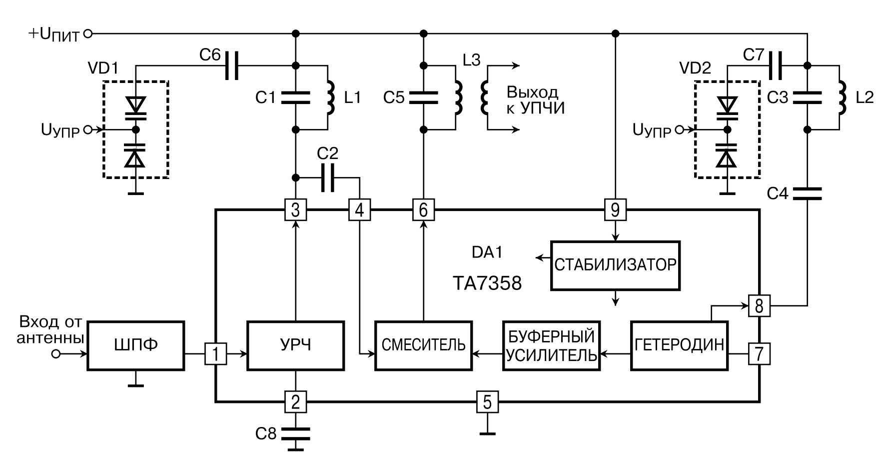


Рис. 1. Включение микросхемы TA7358

Бытовые радиоприемные устройства для приема радиовещательных станций выполняются по супергетеродинной схеме. Приемники прямого усиления не используются из-за низких показателей чувствительности и избирательности. Способы реализации принципиальных схем радиоприемных трактов (тюнеров) зависят от применяемой элементной базы. В последнее время для этих целей обычно используются интегральные микросхемы (ИС), содержащие в своем составе законченные функциональные узлы радиоприемника. Существуют также ИС, например CXA1238, CXA1538 (Sony), TA8127 (Toshiba), заключающие в себе весь тракт тюнера, что существенно упрощает его конструкцию.

Высокочастотный тракт и тракт промежуточной частоты

Для построения части тракта приема ЧМ сигналов УКВ диапазона, включающей в себя преселектор и преобразователь частоты, используют три вида электронных компонентов: транзисторы, микромодули и интегральные микросхемы. Транзисторы используются довольно редко и обычно для построения усилителей высокой частоты. Во втором случае активные элементы вместе с избирательными фильтрами и элементами перестройки заключают в интегральный модуль. При этом многие фирмы-изготовители радиоаппаратуры разрабатывают свои оригинальные модули, не встречающиеся в справочной литературе, например, VAF2S12-001 (JVC), RAL0006 (Matsushita), 6ZA-1 (AIWA) и т. д. Среди интегральных микросхем, предназначенных для этой цели, можно выделить, например, AN7205, AN7213, AN7254 (Matsushita), TA7335, TA7358, TA7378 (Toshiba), BA4402 (ROHM) и другие. Из отечественных микросхем такую функцию выполняет ИС К174ХА15. Для их работы требуются дополнительные навесные элементы. Пример использования ИС TA7358 приведен на рис. 1.

Высокочастотный ЧМ сигнал от антенны через широкополосный фильтр входной цепи (ШПФ) поступает на вывод 1 микросхемы, который является входом усилителя радиочастоты (УРЧ). Нагрузкой УРЧ служит колебательный контур, подключенный к выводу 3. В его состав входят катушка индуктивности L1, конденсатор C1 и варикап VD1, емкость которого изменяется под воздействием управляющего напряжения $U_{УПР}$. В простых моделях для перестройки резонансной частоты контура может использоваться обычный конденсатор переменной емкости. Вывод 3 через разделительный конденсатор C2 связан в выводом 4 — входом смесителя. На другой вход этого смесителя через внутренний буферный усилитель поступает сигнал гетеродина, перестраиваемый контур L2, C3, VD2 которого подключается к выводу 8 через конденсатор C4. Изменение емкости варикапа и, следовательно, частоты ге-

теродина осуществляется синхронно с перестройкой контура УРЧ напряжением $U_{УПР}$. В результате смешивания указанных сигналов в резонансном контуре L3, C5, подключенном к выходу смесителя (вывод 6), выделяется колебание промежуточной частоты (ПЧ) 10,7 МГц, которое затем подается для дальнейшей обработки в усилитель промежуточной частоты (УПЧ).

Тракт обработки сигнала промежуточной частоты ЧМ сигналов с детектором и весь тракт обработки амплитудно-модулированных (АМ) сигналов обычно заключены в одной микросхеме. Таких микросхем довольно много; например, для этой цели часто используют ИС AN7223, AN7273 (Matsushita), BA4234 (ROHM), LA1810, LA1831, LA1836 (SANYO), TA2057, TA7640 (Toshiba). Некоторые из них содержат также схему оценки уровня сигнала ПЧ для слежения за настройкой, а также внутренний стереодекодер системы «пилот-тон». В качестве навесных элементов используются полосовые фильтры ПЧ, фазосдвигающий контур ЧМ детектора, гетеродинный и сигнальный контуры АМ тракта. Для повышения чувствительности и снижения коэффициента шума приемника АМ сигналов на соответствующем входе иногда включают дополнительные усилители радиочастоты на полевых транзисторах.

В радиовещании значения ПЧ стандартизованы, и в зависимости от рабочего диапазона частот радиоприемника приняты следующие величины: для тракта приема АМ сигналов российских моделей ПЧ должна быть 465±2 кГц, а для тракта приема ЧМ сигналов — 10,7±0,1 МГц. В зарубежных моделях при приеме АМ сигналов используется ПЧ 450 или 455 кГц. Это обстоятельство никак не влияет на потребительские параметры радиоприемного устройства, а важно только для проведения ремонтных и регулировочных работ. Следует заметить, что иногда весьма высокие требования к избирательности и чувствительности радиоприемника приводят к тому, что в тракте обработки используется не одна, а две ступени преобразования частоты. В этом случае схема дополняется еще одним смесителем, гетеродином и УПЧ с избирательными цепями. В некоторых зарубежных моделях это делается для приема АМ сигналов средневолнового диапазона. Обычно первая ПЧ выбирается высокой (10,7 МГц), а вторая — стандартной для трактов АМ радиовещательных приемников.

В качестве избирательных элементов тракта ПЧ часто используются фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), представляющие собой единую конструкцию, состоящую из цепочки связанных резонаторов. В качестве резонаторов используются LC контуры, пластинки из пьезоэлектрических материалов, а также электромеханические резонаторы.

В радиовещательных приемниках число резонаторов в виде LC-контуров обычно от трех до шести. В последнее время в качестве ФСС чаще всего используют пьезокерамические фильтры, обладающие небольшими габаритными размерами, малой массой и хорошей стабильностью амплитудно-частотных характеристик, что позволяет существенно упростить конструкцию тракта и наладку радиоприемника. Пьезокерамические фильтры изготавливаются с определенной полосой пропускания и средней частотой настройки. Кроме того, они могут иметь различную избирательность, поэтому не всегда взаимозаменяемы. При повышенных требованиях к избирательности в УПЧ может устанавливаться не один, а несколько таких фильтров. Для нормальной работы пьезокерамического ФСС необходимо согласование его входа и выхода с окружающими каскадами. Согласование на входе обычно осуществляется с помощью одиночного колебательного контура, который, кроме того, корректирует суммарную АЧХ тракта вне полосы пропускания ФСС.

На рис. 2 приведен пример использования микросхемы BA4234. Микросхема имеет широкий диапазон питающего напряжения: 3...12 В. В режиме приема АМ сигналов входом микросхемы является вывод 3, соединенный с первым входом смесителя. На второй вход смесителя подается колебание АМ гетеродина, резонансный контур T1 которого подключен к выводу 1. Избирательная нагрузка смесителя состоит из согласующего колебательного контура T2 и пьезокерамического фильтра CF1. Они подключаются к выводам 4 и 6. Сигнал ПЧ далее усиливается и детектируется в АМ детекторе. К выходу 14 этого детектора подключается конденсатор C12, определяющий постоянную времени его выходной цепи. Через разделительный конденсатор C13 и резистор R7 низкочастотный сигнал приходит на вывод 16 микросхемы, усиливается в УНЧ и поступает электронный коммутатор выходов трактов АМ и FM.

Сигнал ПЧ тракта FM приходит от внешнего узла преселектора и преобразователя (например, приведенного на рис. 1) через пьезокерамический фильтр CF2 на вывод 7. После усиления в УПЧ он детектируется частотным детектором (FM детектор), и полученный низкочастотный сигнал через УНЧ также поступает на коммутатор. Для работы частотного детектора к выводу 10 подключен колебательный контур T3, настроенный на частоту 10,7 МГц.

Заметим, что к выводам 8 (в режиме АМ) и 9 (в режиме ЧМ) при необходимости могут подключаться дополнительные полосовые избирательные фильтры ПЧ.

Внутренняя система автоматической регулировки усиления (АРУ) охватывает каскады смесителя АМ и УПЧ. В качестве детектора АРУ используется детектор АМ тракта, но постоянная времени системы АРУ гораздо выше и определяется цепочкой R8, C6 (вывод 15). Для осуществления функции автоматической настройки, а также бесшумной настройки имеется детектор уровня, измеряющий напряжение сигнала на выходах УПЧ трактов. Его сигнал используется для включения индикации

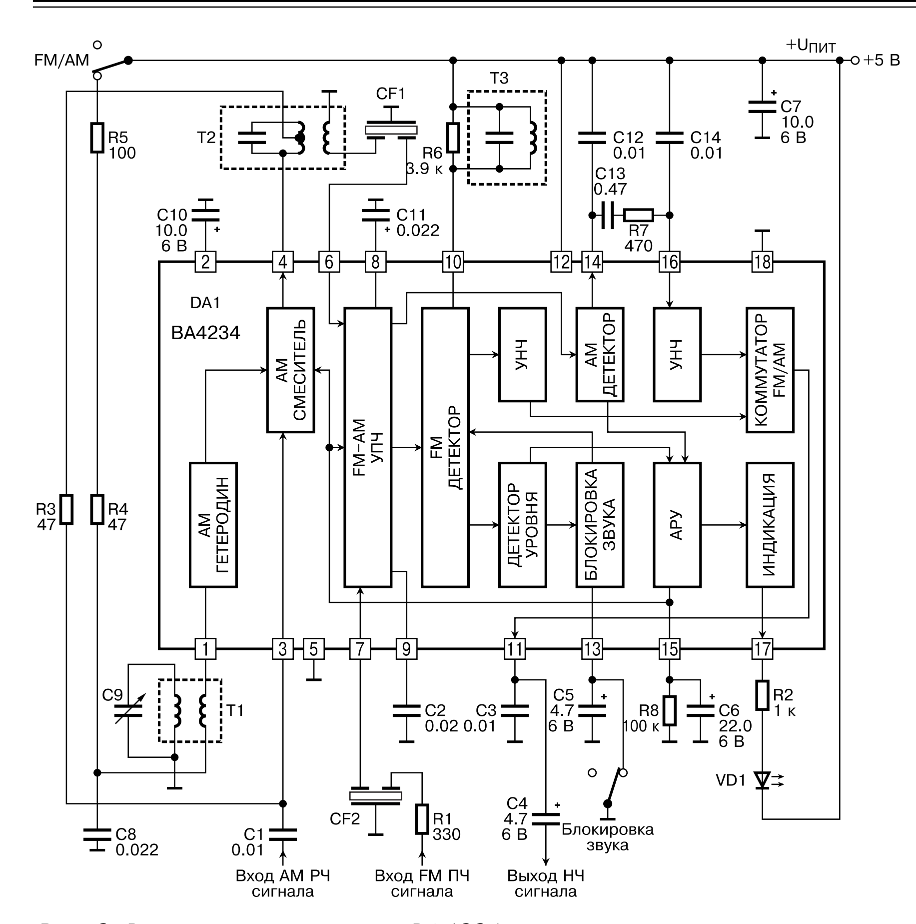


Рис. 2. Включение микросхемы BA4234

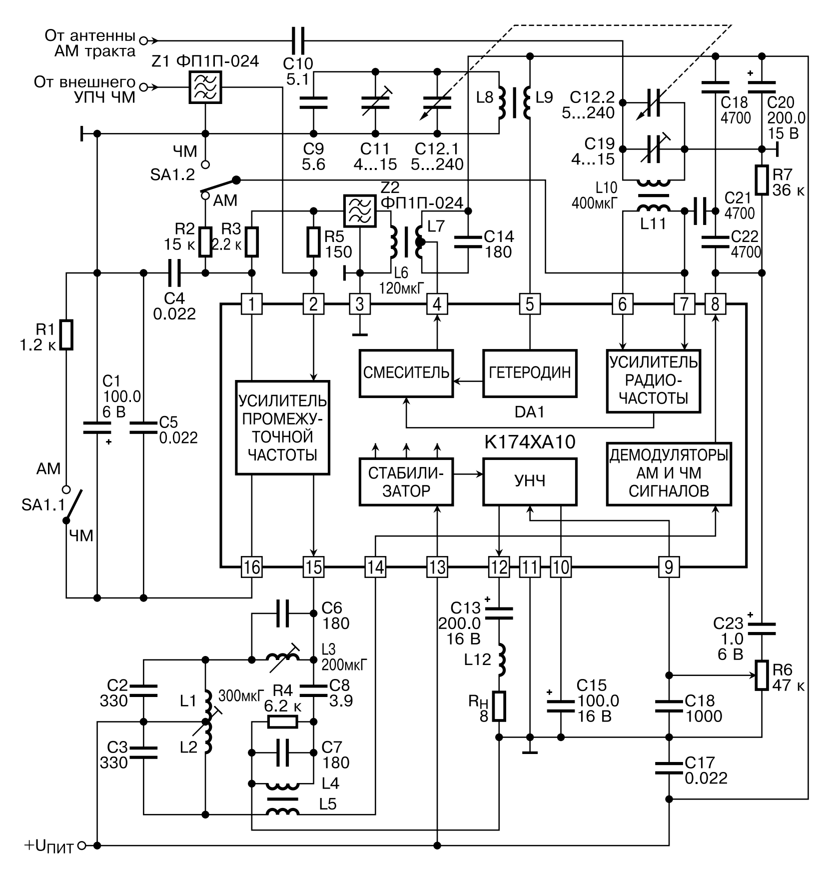


Рис. 3. Включение микросхемы K174XA10

настройки (вывод 17) и схемы блокировки звука. Выходом низкочастотного сигнала микросхемы является вывод 11.

Из отечественных разработок подобных микросхем находит применение К174ХА10. На рис. 3 показан пример построения тракта АМ/ЧМ на ее основе. Сигнал АМ тракта поступает с антенны через конденсатор С10, входную цепь L10, С19, С12.2 на вывод 6, усиливается в УРЧ и подается на смеситель. На другой вход смесителя поступают колебания гетеродина, внешний контур L8, С9, С11, С12.1 которого подключают к выводу 5. С выхода смесителя (вывод 4) преобразованный сигнал через внешний контур L7, С14, пьезокерамический фильтр ПЧ Z2 (465 кГц) и вывод 2 поступает на усилитель промежуточной частоты и далее в АМ детектор. УПЧ состоит из пяти дифференциальных усилителей и обладает высоким коэффициентом усиления. После детектирования и предварительного усиления сигнал низкой частоты с вывода 8 подается на регулятор громкости R6 и далее через вывод 9 на вход УНЧ. Выходное напряжение снимается с вывода 12 и через цепочку С13, L12 поступает в нагрузку $R_н$. Внутренняя система АРУ охватывает каскады УРЧ и УПЧ микросхемы.

При приеме в диапазоне УКВ сигнал промежуточной частоты с внешнего блока УКВ и пьезокерамического фильтра Z1 (10,7 МГц) поступает на вывод 2 УПЧ. При этом переключателем ЧМ-АМ необходимо изменить потенциал на выводе 7, и микросхема переходит в режим приема ЧМ-сигнала. В этом случае УПЧ микросхемы работает как усилитель-ограничитель, а перемножитель — как квадратурный ЧМ детектор. Через выводы 14 и 15 к этому детектору подключают фазосдвигающий контур. Постоянное напряжение на выводе 16 может использоваться как напряжение АПЧ для управления варикапами внешнего УКВ блока.

Продолжение в РЭТ ц 3 (6), 2000